


Carbon monoxide remover for fuel cells comprises a mixer for mixing air with oxygen-rich gas containing carbon monoxide to produce a mixed gas, and a selectively oxidative catalyst device for oxidizing the carbon monoxide

Patent number: DE10007565
Publication date: 2000-09-07
Inventor: KADOWAKI MASATAKA (JP); MIYAKE YASUO (JP)
Applicant: SANYO ELECTRIC CO (JP)
Classification:
- **international:** C01B3/58; H01M8/04; B01D53/88
- **european:** B01D53/86H; B01D53/88B; C01B3/58B; H01M8/06C
Application number: DE20001007565 20000218
Priority number(s): JP19990042231 19990219

Also published as:

 JP2000243425 (I

Report a data error here

Abstract of DE10007565

Carbon monoxide remover (1) comprises an air mixer (2) for mixing air with oxygen-rich gas containing carbon monoxide to produce a mixed gas, and a selectively oxidative catalyst device (3) for oxidizing the carbon monoxide. The mixed gas is fed through the selectively oxidative catalyst device. The catalyst device comprises a gas flow-through pipe (30) having a catalyst bed (40), and a catalyst mixing unit (50) for mixing a part of the mixed gas that flows away from an inner surface of the pipe, and the residual part of the mixed gas that flows near to the inner surface of the pipe.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 07 565 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
C 01 B 3/58
H 01 M 8/04
B 01 D 53/88

②① Aktenzeichen: 100 07 565.7
②② Anmeldetag: 18. 2. 2000
②③ Offenlegungstag: 7. 9. 2000

DE 100 07 565 A 1

③① Unionspriorität:
11-042231 19. 02. 1999 JP
⑦① Anmelder:
Sanyo Electric Co., Ltd., Moriguchi, Osaka, JP
⑦④ Vertreter:
Glawe, Delfs, Moll & Partner, Patentanwälte, 80538
München

⑦② Erfinder:
Kadowaki, Masataka, Hirakata, Osaka, JP; Miyake,
Yasuo, Gunma, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Ein CO-Entferner, der einen einfachen Aufbau aufweist und eine selektive Reaktion von CO bei einer hohen CO-Selektivität durchführt
- ⑤⑦ Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer Reaktionsvorrichtung, die einen einfachen Aufbau hat und eine gewünschte Reaktion bei einer CO-Selektivität unter begrenzten Nebenreaktionen durchführt, insbesondere eines CO-Entferners, der eine selektive oxidative Reaktion von CO bei einer hohen CO-Selektivität durchführt. Zu diesem Zweck umfaßt der CO-Entferner dieser Erfindung einen Luftmischer zum Mischen von Luft mit Kohlenmonoxid enthaltendem, sauerstoffreichem Gas, und eine selektive oxidative Katalyseeinrichtung, in der ein selektives oxidatives Katalysatorbett durch Füllen eines selektiven oxidativen Katalysators in ein Gasdurchflußrohr gebildet wird. Die selektive oxidative Katalyseeinrichtung umfaßt eine Gasmischeinheit zum Mischen von durch den Mittelteil des Gasdurchflußrohrs fließendem Gas mit durch den Umfangsteil fließendem Gas an einer Stelle in dem selektiven oxidativen Katalysatorbet in der Richtung des Gasstroms. Als ein Ergebnis haben die Reaktionsvorrichtung und der CO-Entferner einen einfachen Aufbau. Darüber hinaus wird stromaufwärts durch den Mittelteil fließendes Gas mit stromaufwärts durch den Umfangsteil fließendem Gas gemischt, um die Temperatur des Gases in der Gasmischeinheit zu vereinheitlichen, so daß hohe CO-Selektivität erhalten wird.

DE 100 07 565 A 1

DE 100 07 565 A 1

Beschreibung

Diese Anmeldung basiert auf einer in Japan eingereichten Anmeldung Nr. 11-042231, deren Inhalt hiermit durch Bezugnahme eingeschlossen ist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

(1) Gebiet der Erfindung

- Die vorliegende Erfindung betrifft eine Reaktionsvorrichtung, die Gas eine katalytische Reaktion mit exothermer Reaktion durchführen läßt, und betrifft insbesondere einen CO-Entferner, der für ein Brennstoffzellenerzeugungssystem verwendet wird.

(2) Stand der Technik

- Allgemein ausgedrückt, erzeugt in einem Brennstoffzellenerzeugungssystem eine elektrochemische Reaktion von sauerstoffreichem Gas, das der Brennstoffelektrode der Brennstoffzelle zugeführt wird, und der Lufterlektrode zugeführte Luft Elektrizität.

- Dieses sauerstoffreiche Gas wird durch Dampfreformierung der Mischung aus Wasserdampf und Brennstoff durch eine wie in Fig. 1 gezeigte Reformieranlage 101 erhalten. Der Brennstoff ist Alkohol wie Methanol und leichter Kohlenwasserstoff wie Naturgas und Petrolether, welcher einfach erhältlich und nicht teuer ist.

Während der Dampfreformierungsreaktion in der Reformieranlage 101 wird an ein Katalysatorbett für Reformierung eine hohe Temperatur angelegt, Wasserstoff wird erzeugt und Kohlenmonoxid wird als Nebenprodukt erzeugt.

- Für die Brennstoffelektrode einer Brennstoffzelle 104 wird ein Katalysator wie Platin verwendet, Kohlenmonoxid verschlechtert jedoch den Katalysator, wodurch die Energieerzeugungsleistung verringert wird. Zum Verhindern der Verschlechterung wird in vielen Brennstoffzellen-Erzeugungssystemen ein CO-Verschiebungskonverter 102 stromabwärts der Reformieranlage 101 angeordnet, um Kohlenmonoxid unter Verwendung von Wasserdampf wie unten beschrieben umzuwandeln, so daß Kohlenmonoxid mit einer niedrigeren Konzentration der Brennstoffzelle 104 zugeführt wird.

- $$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{CO}_2 + \text{H}_2$$

- Es soll festgestellt werden, daß der CO-Verschiebungskonverter 102 die Konzentration von Kohlenmonoxid nur auf ungefähr ein % verringert, wenn der S/C (Steam by Carbon, Dampf zu Kohlenstoff) in der Dampfreformieranlage 101 zum Beispiel 2,5 beträgt. Im Falle einer PEFC (Polymer Electrolyte Fuel Cell, Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle), die bei einer relativ niedrigen Temperatur arbeitet, muß die Konzentration des Kohlenmonoxids in reformiertem Gas abgesenkt werden, da eine Verschlechterung des Elektrodenkatalysators wahrscheinlicher ist.

- Zum Beispiel wird die Kohlenmonoxidkonzentration in reformiertem Gas gemäß dem Brennstoffzellenerzeugungssystem abgesenkt, das in der japanischen offengelegten Patentveröffentlichung Nr. 8-100184 offenbart ist. In dem Brennstoffzellenerzeugungssystem wird ein CO-Entferner 103 vorgesehen, um reformiertem Gas eine kleine Menge Luft hinzuzufügen. Dann wird das reformierte Gas durch ein selektives oxidatives Katalysatorbett geleitet, um Kohlenmonoxid durch selektives Oxidieren des reformierten Gases wie in einer unten aufgeführten Reaktionsformel beschrieben zu beseitigen, und wird der Brennstoffzelle 104 zugeführt.

- $$2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2$$

- Bei dem CO-Entferner ist es erforderlich, die richtige Selektivität beizubehalten, d. h. die Verbrennung von Kohlenmonoxid unter Minimierung der Verbrennung von Sauerstoff zu maximieren. Zu diesem Zweck ist es wichtig, die Temperatur des selektiven oxidativen Katalysatorbetts in einem richtigen Bereich zu halten. Obwohl variierend mit der Art des Katalysators, beträgt der gut bekannte Temperaturbereich von 140 bis 190° zum Beispiel für einen Rutheniumkatalysator. Wenn die Temperatur des selektiven oxidativen Katalysatorbetts höher als dieser Temperaturbereich ist, wird die richtige Selektivität in der Oxidation nicht beibehalten. Wenn die Temperatur niedriger als dieser Bereich ist, wird andererseits die Verbrennung von Kohlenmonoxid nicht wirksam durchgeführt.

- In dem selektiven oxidativen Katalysatorbett wird Wärme durch eine selektive oxidative Reaktion von Gas erzeugt. Um die Temperatur des oxidativen Katalysatorbetts in dem Bereich zu halten, wird das oxidative Katalysatorbett während des Betriebs des CO-Entferners gekühlt.

- Es soll festgestellt werden, daß bei einem solchen CO-Entferner die Reaktion von reformiertem Gas und Luft dazu neigt, in dem selektiven oxidativen Katalysatorbett um den Eingang des CO-Entferners herum beschleunigt zu werden, wo reformiertes Gas und Luft in ersten Kontakt mit dem selektiven oxidativen Katalysatorbett kommen. Als ein Ergebnis neigt die Temperatur um den Eingang herum dazu, hoch zu sein, und Sauerstoff neigt dazu, hier beinahe verbraucht zu werden. Wenn Sauerstoff an der Eingangsseite verbraucht wird, fehlt an der Ausgangsseite Sauerstoff und es besteht die Neigung, daß eine Methanbildungsreaktion als eine Nebenreaktion verursacht wird.

- Als ein Ergebnis ist es zum Verhindern von Nebenreaktionen und Erhalten hoher CO-Selektivität in dem CO-Entferner erforderlich, die Temperatur des selektiven oxidativen Katalysatorbetts in dem richtigen Temperaturbereich zu halten und die selektive oxidative Reaktion so zu steuern, daß die selektive oxidative Reaktion gleichmäßig von der Eingangsseite zu der Ausgangsseite des CO-Entferners in dem selektiven oxidativen Katalysatorbett durchgeführt wird.

- Es scheint, daß präzise Steuerung der Luftzufuhr und Kühlung in jedem Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts einfach eine solche Steuerung verwirklichen. Es ist jedoch schwierig, genau die Temperatur in dem CO-Entferner zu steuern, der einen einfachen Aufbau aufweist.

Zum Beispiel weist ein gut bekannter CO-Entferner mit einem einfachen Aufbau die unten beschriebene Struktur auf. Der CO-Entferner ist mit einer selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung ausgestattet, in der ein zylindrisches Rohr mit selektivem oxidativem Katalysator gefüllt wird. In dem CO-Entferner werden reformiertes Gas und Luft gemischt und in den Eingang des zylindrischen Rohrs injiziert, und Kühlwasser zum Kühlen des selektiven oxidativen Katalysatorbetts wird um das zylindrische Rohr herum zugeführt, um die Temperatur des selektiven oxidativen Katalysatorbetts zu steuern. In diesem Fall ist ein Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts, der näher an der Innenfläche des zylindrischen Rohrs ist (dieser Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts wird in dieser Beschreibung als "Umfangsteil" bezeichnet), dichter an dem Kühlwasser, so daß die Temperatur des Umfangsteils des selektiven oxidativen Katalysatorbetts dazu neigt, relativ niedrig zu sein, und die Temperatur eines Teils des selektiven oxidativen Katalysatorbetts, der weiter von der Innenfläche des zylindrischen Rohrs entfernt ist (dieser Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts wird in dieser Beschreibung als "Mittelteil" bezeichnet) neigt dazu, relativ hoch zu sein. Als ein Ergebnis, selbst wenn die Kühlung so gesteuert wird, daß der Mittelteil in dem selektiven oxidativen Katalysatorbett eine richtige Temperatur aufweist, weist durch den Umfangsteil hindurch fließendes Gas eine Temperatur auf, die niedriger als die richtige ist, so daß die Reaktion nicht gut durchgeführt wird und die CO-Selektivität niedrig ist. Wenn sie andererseits so gesteuert wird, daß der Umfangsteil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts eine richtige Temperatur aufweist, neigt der Mittelteil dazu, eine zu hohe Temperatur zu haben und es besteht die Tendenz, daß Sauerstoff um den Eingang herum verbraucht wird.

Zur Lösung der Probleme ist der in der japanischen offengelegten Patentveröffentlichung Nr. 8-47621 offenbarte CO-Entferner mit ersten, zweiten und dritten Reaktionseinrichtungen in dieser Reihenfolge von stromaufwärts des Brennstoffgases ausgestattet. In dem CO-Entferner wird Luft jeder der Reaktionseinrichtungen getrennt zugeführt, oder die Katalysatorfülldichte des selektiven oxidativen Katalysatorbetts wird so gesteuert, daß die Dichte auf der Eingangsseite verhältnismäßig niedrig ist. Diese Struktur ist wirksam, damit die Reaktion gleichmäßig von der Eingangsseite zu der Ausgangsseite durchgeführt wird und richtige Temperaturen des selektiven oxidativen Katalysatorbetts erhalten werden. In diesem Fall ist es jedoch erforderlich, einen Mechanismus zum Zuteilen von Luft oder zum Steuern der Füllichte des Katalysators bereitzustellen, so daß der CO-Entferner keinen einfachen Aufbau aufweist.

Es soll festgestellt werden, daß die oben beschriebenen Probleme nicht nur von einem CO-Entferner sondern auch einer Reaktionsvorrichtung geteilt werden, die einer katalytischen Reaktionseinrichtung Gas zuführt, und das Gas eine Reaktion mit exothermer Reaktion durchmachen läßt, indem das Gas durch die katalytische Reaktionseinrichtung fließen gelassen wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist dementsprechend eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Reaktionsvorrichtung zu schaffen, die einen einfachen Aufbau aufweist und eine gewünschte Reaktion bei hoher CO-Selektivität unter begrenzten Nebenreaktionen durchführt, insbesondere ein CO-Entferner, der eine CO-selektive oxidative Reaktion bei einer hohen CO-Selektivität durchführt.

Die oben genannte Aufgabe kann durch einen CO-Entferner erreicht werden, der umfassen kann: einen Luftmischer zum Mischen von Luft mit sauerstoffreichem, CO enthaltendem Gas, um ein gemischtes Gas zu erzeugen; und eine selektive oxidative Katalyseeinrichtung zum selektiven Oxidieren des CO, indem das gemischte Gas durch ein selektives oxidatives Katalysatorbett hindurch geleitet wird, wobei die selektive oxidative Katalyseeinrichtung ein Gasdurchflußrohr umfaßt, das das selektive oxidative Katalysatorbett aufweist, und eine Gasmischeinheit zum Mischen eines Teils des gemischten Gases, das durch das selektive oxidative Katalysatorbett weiter von einer Innenfläche des Gasdurchflußrohrs fließt, und des restlichen Teils des gemischten Gases, das durch das selektive oxidative Katalysatorbett näher der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs fließt, an einem Punkt innerhalb des selektiven oxidativen Katalysatorbetts.

In dem CO-Entferner macht das Kohlenmonoxid enthaltende sauerstoffreiche Gas eine selektive oxidative Reaktion durch, während es nach Mischung mit der Luft durch den stromaufwärts liegenden Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts fließt.

In dem stromaufwärts liegenden Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts wird von außen gekühlt, so daß durch den Mittelteil fließendes Gas eine relativ hohe Temperatur aufweist und durch den Umfangsteil fließendes Gas eine relativ niedriger Temperatur hat. Unter den Bedingungen, wenn die Kühlung so gesteuert wird, daß die Temperatur des Mittelteils des selektiven oxidativen Katalysatorbetts eine geeignete ist, reagiert das durch den Mittelteil fließende Gas gut in dem selektiven oxidativen Katalysatorbett. Andererseits hat das durch den Umfangsteil fließende Gas eine niedrigere Temperatur und fließt durch den stromaufwärts liegenden Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts ohne die Reaktion gut durchzumachen. Als ein Ergebnis umfaßt das durch den Umfangsteil in dem stromaufwärts liegenden Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts fließende Gas Kohlenmonoxid und Luft, die keine Reaktion bis zu einem gewissen Ausmaß durchgemacht haben.

Inzwischen wird das Mittelteilgas in dem stromaufwärts liegenden Teil in der Gasmischeinheit mit dem Umfangsteilgas gemischt und das gemischte Gas weist eine einheitliche Temperatur auf.

Dann werden das Kohlenmonoxid und die Luft in dem Umfangsgas, die keine Reaktion durchgemacht haben, zu dem gemischten Gas übertragen und machen die selektive oxidative Reaktion durch, wenn das gemischte Gas durch den stromabwärts liegenden Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts fließt.

Als ein Ergebnis wird die selektive oxidative Reaktion ohne übermäßig hohe Temperaturen sowohl im stromaufwärts als auch stromabwärts liegenden Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts durchgemacht, so daß hohe CO-Selektivität erhalten werden kann.

Außerdem mischt der stromaufwärts der selektiven Oxidations-Katalyseeinrichtung angeordnete Luftmischer Luft, und kein Luftverteilungsmechanismus wird benötigt. In dieser Hinsicht hat der CO-Entferner einen einfachen Aufbau.

Wenn die Temperatur von in den stromaufwärts liegenden Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts zu injizierender Luft, ist es nicht immer erforderlich, den stromaufwärts liegenden Teil zu kühlen, um die Temperatur des Mittelteils des selektiven oxidativen Katalysatorbetts bei einer geeigneten Temperatur einzustellen. Allgemein gesagt, ist es je-

doch zu bevorzugen, eine Kühleinheit vorzusehen, durch die das selektive oxidative Katalysatorbett gezwungen wird, stromaufwärts von der Gasmischeinheit gekühlt zu werden. Es ist besonders bevorzugt, den stromaufwärts liegenden Teil von außen mit Wasser oder Luft zu kühlen, um den Aufbau der Kühleinheit einfach zu machen.

Die Gasmischeinheit wird einfach durch Anordnen eines Beilegscheiben-Ringelements auf der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs gebildet. Auch die Kühleinheit hat einen einfachen Aufbau, da es ausreicht, das selektive oxidative Katalysatorbett von außen zu kühlen.

Als ein Ergebnis kann der CO-Entferner dieser Erfindung insgesamt einen einfachen Aufbau aufweisen.

Es soll festgestellt werden, daß die vorliegende Erfindung bei der gleichen Wirkungsgröße nicht nur für einen CO-Entferner angenommen werden kann, sondern auch für eine Reaktionsvorrichtung, die der katalytischen Reaktionseinrichtung Gas zuführt und das Gas eine Reaktion mit exothermer Reaktion durchmachen läßt, indem das Gas durch die katalytische Reaktionseinrichtung fließen gelassen wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Diese und andere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung derselben in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen deutlich werden, welche eine spezielle Ausführungsform der Erfindung darstellen. Die Zeichnung:

Fig. 1 zeigt einen Gesamtaufbau eines typischen Brennstoffzellenerzeugungssystems;

Fig. 2 zeigt einen Gesamtaufbau eines CO-Entferners gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ist eine Darstellung des Betriebs durch den in Fig. 2 gezeigten CO-Entferner;

Fig. 4 ist eine perspektivische Zeichnung eines speziellen Beispiels des in Fig. 2 gezeigten CO-Entferners;

Fig. 5A bis 5C zeigen Beispiele des in Fig. 2 gezeigten CO-Entferners, wenn eine Kühleinheit vom Luftkühlungstyp angenommen wird;

Fig. 6A bis 6D sind perspektivische Zeichnungen anderer möglicher Abwandlungen einer Mischeinheit in dem in Fig. 2 gezeigten CO-Entferner;

Fig. 7A und 7B zeigen Gesamtaufbauten von CO-Entfernern gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8 ist eine perspektivische Zeichnung eines viereckigsäulenförmigen CO-Entferners gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 9 ist ein Kurvenbild, das Temperaturen in selektiven oxidativen Katalysatorbetten während des Betriebs von CO-Entfernern gemäß den Ausführungsformen und Vergleichsbeispielen zeigt; und

Fig. 10 ist eine Kurve, die Temperaturen in selektiven oxidativen Katalysatorbetten während des Betriebs von CO-Entfernern gemäß den Ausführungsformen und Vergleichsbeispielen zeigt.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

(Die erste Ausführungsform)

Fig. 2 zeigt einen Gesamtaufbau eines CO-Entferners gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 ist eine Darstellung des Betriebs durch den CO-Entferner.

Wie in dem Fall des in Fig. 1 gezeigten CO-Entferners 103, liefert der CO-Entferner 1 reformiertes Gas nach Entfernung von Kohlenmonoxid aus dem reformierten Gas (Kohlenmonoxid enthaltendes sauerstoffreiches Gas), das in einer Reformiereinrichtung und einem CO-Verschiebungskonverter erzeugt worden ist. Der CO-Entferner 1 umfaßt einen Luftmischer 2 zum Mischen von Luft mit dem reformierten Gas und eine selektive oxidative Katalyseeinrichtung 3.

Der Luftmischer 2 mischt mehrere Prozent Luft mit dem reformierten Gas, das in die selektive oxidative Katalyseeinrichtung 3 zu injizieren ist. Ein Luftmischer, der allgemein für konventionelle CO-Entferner verwendet wurde, kann verwendet werden.

In dem Luftmischer 2 schließt ein Rohr 22, in das Luft von einer Luftpumpe (nicht gezeigt) injiziert wird, an ein Rohr 21 an, in das wie in Fig. 2 gezeigt reformiertes Gas injiziert wird. Im Betrieb wird die von der Luftpumpe injizierte Luftmenge so gesteuert, daß der Wert des Verhältnisses von O_2 zu CO in einem richtigen Bereich liegt, indem die CO-Konzentration in dem durch das Rohr 21 fließenden reformierten Gas gemessen wird. Allgemein gesagt, wird es als zweckdienlich angesehen, den Wert des Verhältnisses von O_2 zu CO im Bereich von 0,5 bis 3 festzulegen.

Als der Luftmischer 2 kann ein Strahlpumpensystem verwendet werden, das reformiertes Gas aus der Düse injiziert und Umgebungsluft einsaugt, wobei das allgemein in Gasbrennern verwendete Luftansaugsystem verwendet wird.

Die selektive oxidative Katalyseeinrichtung 3 umfaßt ein Gasdurchflußrohr 30, ein selektives oxidatives Katalysatorbett 40, eine Gasmischeinheit 50 und eine Kühleinheit 60. Das selektive oxidative Katalysatorbett 40 wird durch Füllen von selektivem Katalysator in das Gasdurchflußrohr 30 gebildet. Die Gasmischeinheit 50 mischt Gas, das durch den Mittel- und Umfangsteil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 in dem Gasdurchflußrohr 30 in Richtung des Gasstroms fließt. Die Kühleinheit 60 ist vorgesehen, um das selektive oxidative Katalysatorbett 40 stromaufwärts von der Gasmischeinheit 50 zu kühlen.

Fig. 4 ist eine perspektivische Zeichnung eines Beispiels des CO-Entferners 1. Fig. 4 zeigt einen zylindrischen CO-Entferner. Zum Anzeigen des inneren Aufbaus der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 ist das selektive oxidative Katalysatorbett 40 in Fig. 4 nicht gezeigt.

Das obere Ende des Gasdurchflußrohrs 30 ist mit einem Deckel 31 bedeckt, und das Rohr 21 ist mit dem Deckel 31 bedeckt. Am Boden des Gasdurchflußrohrs 30 ist ein ein Sieb haltender Tisch 32 eingesetzt, der selektiven oxidativen Katalysator auf der Oberseite zum Bilden des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 hält.

Der Deckel 31 ist für einen einfachen Aufbau der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 und einfaches Nachfüllen des selektiven oxidativen Katalysators entfernbar.

Es soll festgestellt werden, daß, obwohl ein zylindrisches Metallrohr allgemein für das Gasdurchflußrohr 30 wie in Fig. 4 gezeigt verwendet wird, auch ein viereckig-säulenförmiges Rohr verwendet werden kann.

Für den selektiven oxidativen Katalysator kann konventionell für CO-Entferner verwendeter selektiver oxidativer Katalysator verwendet werden. Es ist zu beachten, daß, obwohl ein typischer selektiver oxidativer Katalysator selektiv Kohlenmonoxid im Temperaturbereich von 100 bis 250°C oxidiert, ein Katalysator entwickelt worden ist, der selektiv Kohlenmonoxid im Bereich von mehreren Zehn bis ungefähr 150°C oxidiert.

Ein konkretes Beispiel eines selektiven oxidativen Katalysators umfaßt wenigstens eine der Metallarten Platin (Pt), Gold (Au), Rhodium (Rh) und Ruthenium (Ru). Obwohl der richtige Temperaturbereich sich nach der Art des Katalysators unterscheidet, ist der aktive Temperaturbereich (der Temperaturbereich für hervorragende selektive Oxidation) von kommerziell erhältlichen Rutheniumkatalysatoren von 140 bis 190°C.

Das selektive oxidative Katalysatorbett 40 wird durch Einfüllen von Katalysator gebildet, der durch ein wabenartiges poröses Tonerdeelement, einen granulierten Tonerdekatalysatorträger oder granuliertes Zeolith gehalten wird.

Allgemein gesagt, wird das Volumen so festgelegt, daß die Raumgeschwindigkeit des reformierten Gases, das aus dem Rohr 21 gegen den selektiven oxidativen Katalysator zu injizieren ist, im Bereich von 1000 bis 15 000 hr⁻¹ liegt.

Die Kühleinheit 60 kühlt den stromaufwärts liegenden Teil 41 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 von außerhalb des Gasdurchflußrohrs 30, insbesondere das selektive oxidative Katalysatorbett 40 um den Eingangsteil des Gasdurchflußrohrs 30, wo die Oxidationsreaktion aktiv ist.

Die Kühleinheit 60 ist allgemein eine vom wasserkühlenden Typ und vom luftkühlenden Typ, in der Kühlmedium zum Kühlen des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 fließt.

Im Fall einer Kühleinheit 60 vom wasserkühlenden Typ, wird ein Strömungsweg von Kühlwasser entlang der Seite des stromaufwärts liegenden Teils 41 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 angeordnet.

Genauer ausgedrückt wird, wenn das Gasdurchflußrohr 30 zylindrisch ist, das Gasdurchflußrohr 30 wie in Fig. 4 gezeigt in ein anderes Rohr gesetzt, und Kühlwasser fließt in einem ringförmigen Weg zwischen dem Gasdurchflußrohr 30 und dem äußeren Rohr. Hierdurch wird die Kühleinheit 60 verwirklicht, die einen einfachen Aufbau hat und das selektive oxidative Katalysatorbett 40 von außen kühlt. Die Kühleinheit 60 wird auch durch Winden eines Rohrs für Kühlwasser um das Gasdurchflußrohr 30 realisiert.

Andererseits wird eine Kühleinheit 60 vom luftkühlenden Typ verwirklicht, indem eine Wärmesenke um das Gasdurchflußrohr 30 anstelle eines Kühlwasser-Strömungsweges vorgesehen wird. In diesem Fall wird Wärme von dem stromaufwärts liegenden Teil 41 über die Wärmesenke in die Atmosphäre abgeleitet.

Die Fig. 5A bis 5C zeigen Beispiele des CO-Entferners 1, wenn die Kühleinheit 60 um den stromaufwärts liegenden Teil 41 durch Anordnen einer Wärmesenke am Umfang des Gasdurchflußrohrs 30 gebildet wird. In Fig. 5A ist eine wendelförmige Wärmesenke am Umfang des Gasdurchflußrohrs 30 befestigt, in Fig. 5B ist eine viele Dorne aufweisende Wärmesenke befestigt, und in Fig. 5C ist eine Vielzahl von linealförmigen flachen Rippen aufweisende Wärmesenke so befestigt, daß die Rippen in der axialen Richtung eingestellt sind.

Außer diesen Beispielen wird eine Kühleinheit 60 vom luftkühlenden Typ verwirklicht, indem ein Gebläse so vorgesehen wird, daß Luft zwangsweise am Umfang des Gasdurchflußrohrs 30 zugeführt wird, anstatt eine Wärmesenke vorzusehen.

Eine Kühleinheit vom luftkühlenden Typ hat einen einfacheren Aufbau als eine Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ. Andererseits ist es relativ einfach, die Temperatur des Umfangsteils des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 so zu steuern, daß die Temperatur im Fall einer Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ um 100°C eingestellt wird. In dieser Hinsicht ist eine Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ stärker zu bevorzugen.

An dieser Stelle soll eine Erklärung der Funktionen der Gasmischeinheit 50 und der Kühleinheit 60 aufgeführt werden.

Allgemein gesagt, fließen Gasströme beinahe parallel durch das Katalysatorbett. Gasströme, die durch den stromaufwärts liegenden Teil 41 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 fließen, sind keine Ausnahme. Durch den Mittelteil des stromaufwärts liegenden Teils 41 fließende Gasströme (in Fig. 3 durch Pfeile A gekennzeichnet und in dieser Beschreibung als "Gas A" bezeichnet) sind parallel zu Gasströmen, die durch den Umfangsteil des stromaufwärts liegenden Teils 41 entlang der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs 30 fließen (in Fig. 3 durch Pfeile B gekennzeichnet und in dieser Beschreibung als "Gas B" bezeichnet), und die Ströme werden nicht vermischt.

Als ein Ergebnis fließt Gas B durch den Umfangsteil des stromaufwärts liegenden Teils 41, welcher der Kühleinheit 60 näher ist, und die Temperatur des Gases B ist niedriger als diejenige des Gases A, welches durch einen näher zu der Mitte des stromaufwärts liegenden Teils 41 angeordneten Teil fließt.

Es soll hier angenommen werden, daß das durch den Mittelteil fließende Gas A so gekühlt wird, daß die Temperatur geeignet für die selektive oxidative Reaktion ist. Während die selektive oxidative Reaktion für das Gas A in dem stromaufwärts liegenden Teil 41 gut durchgeführt wird, macht in diesem Fall das durch den stromaufwärts liegenden Teil 41 fließende Gas B eine unzureichende selektive oxidative Reaktion durch. Als ein Ergebnis enthält das Gas B Kohlenmonoxid und Luft, die keine Reaktion durchgemacht haben.

Die Gasmischeinheit 50 macht das zu dem stromabwärts liegenden Teil 42 zu leitende Gas einheitlich, indem sie das durch den Mittelteil fließende Gas A und das Gas B, das durch den Umfangsteil fließt, vermischt.

Das Gas, das durch die Gasmischeinheit 50 geflossen ist (in Fig. 3 durch Pfeile C gekennzeichnet und in dieser Beschreibung als "Gas C" bezeichnet) stellt die Mischung des Gases A und des Gases B dar, und die Inhaltsstoffe und die Temperatur werden in dem Gas C vereinheitlicht. Als ein Ergebnis hat das Gas C eine höhere Temperatur als das Gas B, und das in dem Gas C enthaltene Kohlenmonoxid und die darin enthaltene Luft, die keine Reaktion durchgemacht haben, müssen die selektive oxidative Reaktion durchmachen, wenn das Gas C durch den stromabwärts liegenden Teil 42 fließt.

Die folgenden Punkte sollen beachtet werden. In dem selektiven oxidativen Katalysatorbett 40 selbst wird Gas bis zu einem gewissen Ausmaß gemischt, da das Gas in gewissem Ausmaß gemäß der Form des Katalysatorträgers zerstreut wird. Das durch den Mittelteil fließende Gas A und das durch den Umfangsteil fließende Gas B werden jedoch nicht in dem Ausmaß vermischt, daß das Gas A und B vereinheitlicht werden. Die Gasmischeinheit 50 hat eine stärkere Mischfunktion als ein typisches Katalysatorbett. Eine Erklärung der vorteilhaften Form der Gasmischeinheit 50 soll später auf-

geführt werden.

(Positionen der Gasmischeinheit 50 und der Kühleinheit 60)

- 5 Die Gasmischeinheit 50 sollte an einer solchen Position eingesetzt werden, daß das Volumen des stromaufwärts liegenden Teils 41 wenigstens 1/3 desjenigen des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 beträgt. Dies liegt darin begründet, daß, wenn das Verhältnis des Volumens des stromaufwärts liegenden Teils 41 zu demjenigen des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 kleiner als 1/3 ist, Gas in dem selektiven oxidativen Katalysatorbett 40 nahe dem Eingang der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 gemischt wird, so daß eine übermäßige Reaktion durchgeführt wird und die
10 Temperatur dazu neigt, in dem stromaufwärts liegenden Teil 41 hoch zu sein, und die Sauerstoffmenge die Tendenz hat, in dem stromabwärts liegenden Teil 42 nicht ausreichend zu sein.

Genauer ausgedrückt, unter der Annahme, daß die Länge zwischen dem Ende des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 auf der Eingangsseite der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 und dem Ende auf der Ausgangsseite der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 als "L1" festgelegt wird, und die Länge zwischen dem Ende des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 auf der Eingangsseite der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 und der Gasmischeinheit 50 als "L2" festgelegt wird, ist es zu bevorzugen, die Position der Gasmischeinheit 50 wie durch die folgende Gleichung angezeigt festzulegen.

$$L2/L1 \geq 1/3$$

- 20 Allgemein gesagt, wird die Gaseinheit 50, die an einer Position eingesetzt wird, wenigstens an zwei Positionen wie erforderlich eingesetzt.

Eine Erklärung der Ursache soll im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 2 gegeben werden. Sogar in dem Fall des Gases C, das durch den stromabwärts liegenden Teil 42 fließt, neigen die durch den Umfangsteil fließenden Gasströme dazu, stärker als die durch den Mittelteil fließenden Gasströme gekühlt zu werden. Als ein Ergebnis kann die Reaktionsgeschwindigkeit im Umfangsteil die Tendenz haben, nach und nach verringert zu werden, insbesondere, wenn die Länge des stromabwärts liegenden Teils 42 in Richtung des Gasstroms relativ lang ist.

Dementsprechend ist es zu bevorzugen, eine Verringerung der Reaktionsgeschwindigkeit zu verhindern, indem die Gasmischeinheit 50 in dem stromabwärts liegenden Teil 42 eingesetzt wird, d. h. durch Einsetzen der Gasmischeinheit 50 an wenigstens zwei Stellen.

Es soll festgestellt werden, daß es, wenn die Gasmischeinheit 50 an wenigstens zwei Stellen eingesetzt wird, bevorzugt ist, die Gasmischeinheit 50 an wenigstens einer Position im Bereich von $1/3 \leq L2/L1 \leq 1/2$ und an wenigstens einer Position im Bereich von $2/3 \leq L2/L1 \leq 4/5$ einzusetzen.

- Hinsichtlich der Position, an der die Kühleinheit 60 einzusetzen ist, ist es erforderlich, daß die Kühleinheit 60 wenigstens 1/4 der Länge des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 in der Richtung des Gasstroms von dem Ende auf der Eingangsseite der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 zu dem stromabwärts liegenden Teil abdeckt, um eine übermäßige Oxidationsreaktion in dem selektiven oxidativen Katalysatorbett 40 um den Eingang der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 herum zu verhindern. Genauer ausgedrückt, unter der Annahme, daß die Länge, die durch die Kühleinheit 60 in der Richtung des Gasstroms abgedeckt wird (die Länge der gekühlten Fläche), "L3" ist, ist es zu bevorzugen, die Kühleinheit 60 wie in der folgenden Gleichung gezeigt einzusetzen.

$$1/4 \leq L3/L1$$

- Im Falle einer Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ ist es zu bevorzugen, die Kühleinheit so einzusetzen, daß $L3/L1$ etwa 1/2 beträgt, obwohl das Verhältnis in der Form des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 und den Betriebsbedingungen variiert.

Im Betrieb wird Kühlmittel durch die Kühleinheit 60 hindurchgeführt, so daß der Mittelteil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 im stromaufwärts liegenden Teil 41 geeignete Temperaturen aufweist (allgemein etwa 140 bis 190°C).

- Im Falle des CO-Entferners in Fig. 4 wird Kühlwasser aus einer Wasserpumpe (nicht gezeigt) in die Kühleinheit 60 injiziert. Die Temperatur des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 hat die Tendenz, am höchsten in dem Mittelteil nahe dem Eingang der selektiven oxidativen Katalyseeinrichtung 3 zu sein. Als ein Ergebnis wird die Menge von durch die Kühleinheit 60 fließendem Kühlwasser so gesteuert, daß die Temperatur des Mittelteils um die Eingangsseite des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 sich in dem geeigneten Bereich befindet, wobei die Temperatur beobachtet wird.

- Andererseits ist es im Fall einer Kühleinheit vom luftkühlenden Typ erforderlich, die Länge der zu kühlenden Fläche, d. h. "L3" länger als im Falle der Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ festzulegen, da die Kühlstärke der Kühleinheit vom luftkühlenden Typ schwächer als diejenige der Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ ist.

Während die Kühleinheit 60 das selektive oxidative Katalysatorbett 40 in der vorliegenden Ausführungsform von außen kühlt, ist es möglich, das selektive oxidative Katalysatorbett 40 von innen zu kühlen, indem zum Beispiel ein Rohr für Kühlwasser in dem stromaufwärts liegenden Teil 41 um die Eingangsseite herum eingesetzt wird.

(Form der Gasmischeinheit 50)

Eine Erklärung einer Vielzahl von Formen der Gasmischeinheit 50 soll im folgenden durch Betrachtung spezieller Beispiele angeführt werden.

- 65 1. Eine Erklärung der typischen Form der Gasmischeinheit 50 soll als erstes aufgeführt werden. Die Gasmischeinheit umfaßt ein vorstehendes Element, das kreisförmig entlang der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs 30 angeordnet ist, um den Fluß des Gases B zu behindern, der durch den Umfangsteil fließt.

In diesem Fall wird das Gas B, dessen Fluß durch die vorstehenden Elemente behindert worden ist, zu dem Mittelteil

geleitet, so daß das Gas B mit dem durch den Umfangsteil fließenden Gas A gemischt wird, und die Mischung der Gase A und B wird in den stromabwärts liegenden Teil 42 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 geleitet (vergl. Fig. 3).

Als das Material der in der Gasmischeinheit 50 enthaltenen Elemente wird Metall und ein wärmeresistenter Harz so wie PTFE (Polytetrafluorethylen) verwendet.

Als ein spezielles Beispiel dieser Form wird die Gasmischeinheit 50 durch Anordnen eines Beilegscheiben-Ringelements auf der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs 30 wie in Fig. 4 gezeigt gebildet, wenn das Gasdurchflußrohr 30 zylindrisch ist.

Mit einfacher Form ist dieses Beilegscheiben-Ringelement einfach herzustellen und an der Innenseite des Gasdurchflußrohrs 30 mit Teilen oder durch Schweißen zu befestigen.

Wenn das Gasdurchflußrohr 30 zylindrisch ist und ein Beilegscheiben-Ringelement für die Gasmischeinheit 50 wie beschrieben verwendet wird, ist es zu bevorzugen, die Breite des Beilegscheiben-Ringelements in der Richtung des Radius als wenigstens 5% des Innenradius des Gasdurchflußrohrs 30 festzulegen, um das durch den Umfangsteil fließende Gas B für Mischung zu dem Mittelteil zu leiten. Unterdessen ist es zu bevorzugen, das Öffnungsverhältnis (das Verhältnis der Öffnungsfläche des Beilegscheiben-Ringelements zu der inneren Schnittfläche des Gasdurchflußrohrs 30) als nicht größer als 90% einzustellen.

Darüber hinaus gilt, je größer die Breite des Beilegscheiben-Ringelements in der Richtung des Radius ist, desto mehr wird die Mischwirkung verbessert. Wenn das Verhältnis der Breite zu dem Innenradius nicht weniger als 50% beträgt, wird die Mischwirkung jedoch kaum verbessert.

Gleichzeitig ist, wenn das Verhältnis der Breite des Beilegscheiben-Ringelements in der Richtung des Radius zu dem Innenradius zu groß festgelegt wird, der Druckverlust zu groß. Als ein Ergebnis ist es zu bevorzugen, die Breite so festzulegen, daß der Druckverlust nicht mehr als 300 mm H₂O beträgt.

In dieser Hinsicht ist es zu bevorzugen, das Verhältnis der Breite des Beilegscheiben-Ringelements in der Richtung des Radius zu dem Innenradius des Gasdurchflußrohrs 30 als nicht größer als 90% festzulegen, und es ist stärker bevorzugt, das Verhältnis als nicht größer als 50% festzulegen. Inzwischen ist es bevorzugt, das Öffnungsverhältnis als nicht weniger als 25% festzulegen.

Als eine andere mögliche Abwandlung des Beilegscheiben-Ringelements kann eine Vielzahl von Plattenelementen 51 wie in Fig. 6A gezeigt kreisförmig entlang der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs 30 zum Bilden der Gasmischeinheit 50 angeordnet werden.

Außerdem kann als eine mögliche Abwandlung der Plattenelemente in Fig. 6A die Vielzahl von Plattenelementen 52 kreisförmig entlang der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs 30 unter einem Winkel zu der Richtung des Radius des Gasdurchflußrohrs 30 wie in Fig. 6B angeordnet werden, um die Gasmischeinheit 50 zu bilden.

Durch Anordnen der Plattenelemente 52 unter einem Winkel wie die Flügel eines Propellers wie in Fig. 6B gezeigt, wird Gas, das zu dem stromabwärts liegenden Teil 42 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 geleitet worden ist, gemischt, während das Gas B, das durch den Umfangsteil fließt, zu dem Mittelteil geleitet wird, um mit dem Gas A gemischt zu werden, welches durch den Mittelteil fließt.

Wenn, wie beschrieben wurde, eine Vielzahl von Plattenelementen die Gasmischeinheit 50 bildet, ist es bevorzugt, die Breite des Plattenelements in der Richtung des Radius größer als diejenige des Beilegscheiben-Ringelements festzusetzen, um das durch den Umfangsteil fließende Gas B in den Mittelteil zu leiten und Gas wirksam zu vermischen. Genauer ausgedrückt, ist es bevorzugt, das Verhältnis der Breite des Innenradius des Gasdurchflußrohrs 30 bei nicht weniger als 15% festzusetzen.

2. Eine Erklärung einer anderen Form der Gasmischeinheit 50 soll im folgenden aufgeführt werden, welche durch Verengen des Durchmessers des Gasdurchflußrohrs 30 im Vergleich zu dem Durchmesser stromaufwärts an der Position gebildet wird, wo die Gasmischeinheit 50 zu bilden ist.

Die Fig. 7A und 7B zeigen Gesamtaufbauten von CO-Entfernern dieser Form. In dem Gasdurchflußrohr 30 ist ein Durchmesser verengender Teil 53 vorgesehen, wo der Durchmesser des Gasdurchflußrohrs 30 sich so ändert, daß der Durchmesser stromabwärts schmaler als stromaufwärts ist.

Der Durchmesser verengende Teil 53 kann mit dem selektiven oxidativen Katalysator gefüllt sein und kann leer sein.

Wie in dem Fall der durch Anordnung vorstehender Elemente gebildeten Gasmischeinheiten, wird das durch den Umfangsteil fließende Gas zu dem Mittelteil an dem Durchmesser verengenden Teil 53 geleitet, um mit dem durch den Mittelteil fließenden Gas gemischt zu werden, und die Mischung des Gases wird in diesem Fall in den stromabwärts liegenden Teil 42 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 geleitet.

Hinsichtlich des Verhältnisses des Durchmessers des Gasdurchflußrohrs 30 stromabwärts zu dem Durchmesser stromaufwärts an dem Durchmesser verengenden Teil 53 ist es bevorzugt, das Verhältnis bei nicht weniger als 10% und nicht mehr als 95% (nicht mehr als 90% im Falle des Verhältnisses der inneren Schnittfläche stromabwärts zu der inneren Schnittfläche stromaufwärts) bei Betrachtung des Falls des beschriebenen Beilegscheiben-Ringelements festzulegen. Es ist stärker bevorzugt, das Verhältnis als nicht weniger als 50% (nicht weniger als 25% im Falle des Verhältnisses der inneren Schnittfläche stromabwärts zu der inneren Schnittfläche stromaufwärts) festzulegen.

Es soll festgestellt werden, daß der Durchmesser des Gasdurchflußrohrs 30 stromabwärts von der Gasmischeinheit 50 erweitert ist und der stromabwärts liegende Teil 42 und der stromaufwärts liegende Teil 41 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 im Beispiel in Fig. 7A beinahe die gleichen Durchmesser haben. Andererseits ist der Durchmesser des Gasdurchflußrohrs 30 der gleiche stromabwärts von der Gasmischeinheit 50, so daß der Durchmesser des stromaufwärts liegenden Teils 42 kleiner als derjenige des stromaufwärts liegenden Teils 41 in Fig. 7B ist.

Während in dem Beispiel in Fig. 7A Gas genauso wirksam wie in dem Beispiel in Fig. 7B gemischt wird, gilt, daß je enger der Durchmesser des stromabwärts liegenden Teils 42 ist, desto länger ist die Länge des stromabwärts liegenden Teils 42 in Richtung des Gasstroms. Als ein Ergebnis ist es vorteilhaft, den Durchmesser des Gasdurchflußrohrs 30 stromabwärts von der Gasmischeinheit 50 wie in Fig. 7A zu erweitern, um die Vorrichtung kompakter zu machen.

3. Als andere Formen der Gasmischeinheit 50 können ein wie in Fig. 6C gezeigtes Stanzscheibenelement 54, das durch Stanzen vieler Löcher in eine Scheibe gebildet wird, und ein Teilscheibenelement 55 wie in Fig. 6D gezeigt ist, das

durch Abschneiden eines Scheibenteils gebildet wird, in dem Gasdurchflußrohr 30 anstelle des wie in Fig. 4 gezeigten Beilegscheiben-Ringelements angeordnet werden. Auch in diesem Fall werden das durch den Umfangsteil und den Mittelteil fließende Gas miteinander vermischt, um zu dem stromabwärts liegenden Teil 42 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 geleitet zu werden.

- 5 Im Falle des Stanzscheibenelements 54 ist es bevorzugt, das Öffnungsverhältnis (das Verhältnis der Gesamtflächen der Löcher zu der inneren Schnittfläche des Gasdurchflußrohrs 30) so festzulegen, daß der Druckverlust klein ist (nicht mehr als 300 mm H₂O). In dieser Hinsicht ist es bevorzugt, das Öffnungsverhältnis als nicht weniger als 15%, und stärker bevorzugt nicht weniger als 23% festzulegen.

Inzwischen ist es bevorzugt, das Öffnungsverhältnis als nicht mehr als 90%, und stärker bevorzugt nicht mehr als 82% festzulegen, um die Stabilität des Stanzscheibenelements 54 sicherzustellen.

- 10 Im Falle des Teilscheibenelements 55 ist es bevorzugt, das Öffnungsverhältnis (das Verhältnis der Fläche des geschnittenen Teils der Scheibe zu der inneren Schnittfläche des Gasdurchflußrohrs 30) als weniger als 50% und so festzulegen, daß mehr als die Hälfte der Schnittfläche des Gasdurchflußrohrs 30 geschlossen ist, um sicherzustellen, daß das durch den Umfangs- und Mittelteil fließende Gas wirksam vermischt werden. Inzwischen ist es bevorzugt, das Öffnungsverhältnis bei nicht weniger als 20% festzulegen, um den Druckverlust klein zu halten.

15 Als ein Ergebnis ist es bevorzugt, das Öffnungsverhältnis des Teilscheibenelements 55 im Bereich von 20 bis 50% festzulegen.

Außerdem kann die Gasmischeinheit 50 durch Anordnen einer Sperrscheibe in dem Mittelteil des Innenraums des Gasdurchflußrohrs 30 gebildet werden, um den Gasfluß im Mittelteil zu behindern und zu ermöglichen, daß Gas durch den Umfangsteil fließt.

In diesem Fall wird das Gas A, das durch den Mittelteil fließen soll, durch die Sperrscheibe behindert und zu dem Umfangsteil geleitet und mit dem durch den Umfangsteil fließenden Gas B gemischt, um zu dem stromabwärts liegenden Teil 42 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 geleitet zu werden.

- 25 4. Im folgenden soll erklärt werden, wie die Elemente zum Bilden der Gasmischeinheit 50 zu befestigen sind. Zum Beispiel können das Beilegscheiben-Ringelement und die Sperrscheibe in dem selektiven oxidativen Katalysatorbett 40 zusätzlich dazu befestigt werden, daß sie an der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs 30 angebracht werden, und, insbesondere wenn der Katalysatorträger ein Formteil fester Form so wie das wabenförmige poröse Tonerdenelement (alumina) ist.

30 5. Zusätzlich soll im folgenden eine Erklärung einer anderen möglichen Abwandlung aufgeführt werden. Anstelle der Verwendung des Beilegscheiben-Ringelements und der Sperrscheibe kann die Gasmischeinheit 50 durch Füllen eines Füllstoffes in den Umfangs- oder Mittelteil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 zum teilweisen Behindern des Flusses von Gas gebildet werden.

(Die zweite Ausführungsform)

- 35 Fig. 8 ist eine perspektivische Zeichnung eines vierecksäulenförmigen CO-Entferners.

Wenn die Form des Gasdurchflußrohrs 30 eine viereckig Säule in dem CO-Entferner 1 darstellt, ist es möglich, ein Paar Kühleinheiten 60 so anzuordnen, daß der stromaufwärts liegende Teil 41 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 zwischen dem Paar Kühleinheiten 60 eingefügt angeordnet ist, obwohl es möglich ist, die Kühleinheit 60 so anzuordnen, daß sie den stromaufwärts liegenden Teil 41 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 umschließt.

- 40 In diesem Fall fließt das Gas durch den stromaufwärts liegenden Teil 41 des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40, und weist eine relativ hohe Temperatur in Teilen auf, die an die Kühleinheiten 60 angrenzen (auf der rechten und linken Seite in Fig. 8). Andererseits hat das Gas eine relativ niedrige Temperatur in Teilen, die weiter von den Kühleinheiten 60 entfernt sind.

45 Als ein Ergebnis ist es ausreichend, ein Element, das eine Form zum Behindern des Flusses von Gas durch die Teile benachbart der Kühleinheiten 60 aufweist, zum Bilden einer Gasmischeinheit 50 anzuordnen, um das durch den Teil benachbart zu und weiter entfernt von den Kühleinheiten 60 fließende Gas zu mischen. Genauer ausgedrückt, ist es ausreichend, ein Paar rechteckiger Plattenelemente wie in Fig. 8 gezeigt vorzusehen.

Auch in dem Fall des vierecksäulenförmigen CO-Entferners ist der bevorzugte Bereich der Breite der die Gasmischeinheit 50 formenden Elemente zum Sicherstellen, daß das durch die Teile des selektiven oxidativen Katalysatorbetts 40 benachbart der Kühleinheiten 60 fließende Gas wirksam in den weiter von den Kühleinheiten 60 entfernten Teil geleitet wird, um mit dem Gas vermischt zu werden, das durch den weiter von den Kühleinheiten 60 entfernten Teil fließt, der gleiche wie in dem Fall des zylindrischen CO-Entferners, der in der ersten Ausführungsform beschrieben worden ist.

- 55 Wenn zum Beispiel ein Paar Plattenelemente an den Innenwänden des Gasdurchflußrohrs 30 angeordnet werden, die einander gegenüberliegen, so daß die Plattenelemente wie in Fig. 8 gezeigt nach innen vorstehen, ist es bevorzugt, das Öffnungsverhältnis als nicht größer als 90% festzulegen.

Gleichzeitig ist es bevorzugt, den Druckverlust nicht höher als 300 mm H₂O festzulegen und das Öffnungsverhältnis als nicht geringer als 25% einzustellen.

- 60 [Praktische Beispiele]

Der ersten Ausführungsform zufolge (der in Fig. 3 gezeigte zylindrische CO-Entferner) werden CO-Entferner als praktische Beispiele gemäß den unten beschriebenen Spezifikationen hergestellt.

- 65 Gleichzeitig sind CO-Entferner, die keine Gasmischeinheit 50 enthalten, als Vergleichsbeispiele aufgeführt. Temperaturen in den selektiven oxidativen Katalysatorbetten und die CO-Konzentrationen in dem reformierten Gas werden während Betrieb der CO-Entferner als praktische und Vergleichsbeispiele gemessen.

Material des Gasdurchflußrohrs 30: SUS316

Selektiver oxidativer Katalysator: Ru/Tonerdepellet (hergestellt durch N. E. Chemcat Corporation)

DE 100 07 565 A 1

Reformierte Gasinhaltsstoffe: Wasserstoff 79%, Kohlendioxid 20% und Kohlenmonoxid 1% (für alle praktischen und Vergleichsbeispiele)

(Praktisches Beispiel 1)

L/D ist 7. "D" kennzeichnet den Durchmesser und "L" kennzeichnet die Länge des selektiven oxidativen Katalysatorbetts. 5

Eine Gasmischeinheit 50 ist vorgesehen, wo L_2/L_1 0,6 ist.

Die Gasmischeinheit 50 ist eine Beilegscheiben-Ringmetallplatte.

Die Beilegscheiben-Ringmetallplatte hat eine Dicke von 5 mm. 10

Das Verhältnis des Innendurchmessers D2 der Beilegscheiben-Ringmetallplatte zu dem Innendurchmesser D1 des Gasdurchflußrohrs 30, d. h. D_2/D_1 ist 0,8.

Die Kühleinheit 60 ist eine Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ und L_3/L_1 ist 0,6.

O_2/CO ist 1,7.

Die Temperatur wird in dem Katalysatorbett an neun Punkten in gleichmäßigen Abständen vom oberen Ende zum unteren Ende gemessen. Der erste Punkt ist 0,5 cm von dem oberen Ende des Katalysatorbetts entfernt. 15

(Praktisches Beispiel 2)

Die Gasmischeinheiten 50 sind vorgesehen, wo L_2/L_1 0,5 und 0,8 beträgt. 20

Die anderen Bedingungen sind die gleichen wie die Spezifikation für das praktische Beispiel 1.

(Praktisches Beispiel 3)

L/D ist 56. 25

Die Gasmischeinheiten 50 sind vorgesehen, wo L_2/L_1 0,4, 0,7 und 0,9 beträgt.

Die Beilegscheiben-Ringmetallplatte ist 2 mm dick.

Das Verhältnis des Innendurchmessers D2 der Beilegscheiben-Ringmetallplatte zu dem Innendurchmesser D1 des Gasdurchflußrohrs 30, d. h. D_2/D_1 ist 0,8.

Die Kühleinheit 60 ist vom luftkühlenden Typ, wobei eine Wärmesenke verwendet wird (die gesamte Fläche wird gekühlt). 30

Die anderen Bedingungen sind die gleichen wie in der Spezifikation für das praktische Beispiel 1.

(Praktisches Beispiel 4)

Die Gasmischeinheiten 50 sind vorgesehen, wo L_2/L_1 0,2 und 0,7 beträgt. 35

Die anderen Bedingungen sind die gleichen wie die Spezifikation für das praktische Beispiel 1.

(Vergleichsbeispiel 1)

O_2/CO ist 1,7. 40

Keine Gasmischeinheit ist vorgesehen.

Die Kühleinheit 60 ist vom luftkühlenden Typ, wobei eine Wärmesenke verwendet wird (die gesamte Fläche wird gekühlt).

Andere Bedingungen sind die gleichen wie für die Spezifikation für das praktische Beispiel 1. 45

(Vergleichsbeispiel 2)

Keine Gasmischeinheit ist vorgesehen.

Die Kühleinheit 60 ist vom luftkühlenden Typ unter Verwendung einer Wärmesenke (die gesamte Fläche wird gekühlt). 50

Die anderen Bedingungen sind die gleichen wie die Spezifikation für das praktische Beispiel 1.

(Vergleichsbeispiel 3)

Keine Gasmischeinheit ist vorgesehen. 55

Die anderen Bedingungen sind die gleichen wie die Spezifikation für das praktische Beispiel 1.

(Vergleichsbeispiel 4)

L/D ist 56. 60

O_2/CO ist 1,3.

Keine Gasmischeinheit ist vorgesehen.

Die Kühleinheit 60 ist vom luftkühlenden Typ, wobei eine Wärmesenke verwendet wird (die gesamte Fläche wird gekühlt). 65

Die anderen Bedingungen sind die gleichen wie die Spezifikation für das praktische Beispiel 1.

Tabelle 1 zeigt die Charakteristiken der praktischen und Vergleichsbeispiele und die CO-Konzentrationen in dem reformierten Gas.

Fig. 9 zeigt das Meßergebnis der Temperaturen in dem Katalysatorbett während des Betriebs der CO-Entferner wie in den praktischen Beispielen 1, 2 und 4 sowie dem Vergleichsbeispiel 1. Fig. 10 zeigt die Meßergebnisse der Temperaturen während des Betriebs der CO-Entferner wie in dem praktischen Beispiel 3 und dem Vergleichsbeispiel 4. Sowohl Fig. 9 als auch Fig. 10 stellt ein Kurvenbild dar, das die verhältnismäßige Länge und gemessene Temperatur an jedem der Meßpunkte zeigt. Es soll festgestellt werden, daß eine verhältnismäßige Länge den Wert der Teilung der Länge zwischen dem obersten Ende des Katalysatorbetts und einem Meßpunkt durch die Länge des Katalysatorbetts (die Länge zwischen dem obersten Ende zu dem untersten Ende des Katalysatorbetts) darstellt.

Die Meßwerte der CO-Konzentration in Fig. 9 und Tabelle 1 zeigen die unten beschriebenen Punkte.

Bezüglich der praktischen Beispiele 1, 2 und 4 sind die Temperaturen aller der Meßpunkte in den Bereichen in der Richtung des Gasstroms relativ einheitlich und liegen ungefähr in dem Bereich von 140 bis 190°C. Außerdem haben die CO-Konzentrationen relativ niedrige Werte.

Andererseits liegen bei den Vergleichsbeispielen 1 und 3, während die Temperaturen der Meßpunkte näher dem oberen Ende des Katalysatorbetts im Bereich von 140 bis 180°C liegen, die Temperaturen im stromabwärts liegenden Teil unter 140°C, insbesondere um das untere Ende niedriger als 100°C. Die CO-Konzentrationen sind ausgesprochen hoch.

Dies liegt darin begründet, daß die Reaktion auch stromabwärts gut durchgeführt wird, da die CO-Entferner wie in den praktischen Beispielen 1, 2 und 4 Gasmischeinheiten umfassen. Da andererseits die CO-Entferner wie in den Vergleichsbeispielen 1 und 3 keine Gasmischeinheit umfassen, wird die Reaktion stromabwärts nicht gut durchgeführt.

Als nächstes soll das praktische Beispiel 4 mit den praktischen Beispielen 1 und 2 verglichen werden. Bei dem praktischen Beispiel 4 ist die Temperatur eines Meßpunktes nahe dem oberen Ende des Katalysatorbetts beinahe so hoch wie 190°C und die CO-Konzentration beträgt 35 ppm (parts per million, Teile auf eine Millionen). Andererseits liegen die Temperaturen aller Meßpunkte der praktischen Beispiele 1 und 2 im Bereich von 140 bis 180°C und sind relativ einheitlich, und die CO-Konzentration ist so niedrig wie unter 10 ppm.

Die CO-Konzentration des praktischen Beispiels 4 ist nicht so niedrig wie in den praktischen Beispielen 1 und 2, da die Gasmischeinheiten relativ näher zu dem oberen Ende des Katalysatorbetts angeordnet sind (angeordnet wo $L_2/L_1 < 1/3$). Aufgrund der Positionen der Gasmischeinheiten wird mehr Sauerstoff um das obere Ende des Katalysatorbetts verbraucht und es wird im Vergleich zu den praktischen Beispielen 1 und 2 keine ausreichende Sauerstoffmenge um das untere Ende herum zugeführt.

Dies beweist, daß es zu bevorzugen ist, die Gasmischeinheit dort anzuordnen, wo $L_2/L_1 \geq 1/3$ ist.

Es soll bemerkt werden, daß die Temperaturen eine hügelartige Verteilung aufweisen, bei der die Spitze bei einem Meßpunkt in dem stromaufwärts liegenden Teil zu finden ist und die Temperatur so niedrig wie ungefähr 150°C an dem Meßpunkt ist, wo die verhältnismäßige Länge (L_3/L_1) ungefähr $1/2$ für jedes der praktischen Beispiele 1, 2 und 4 und die Vergleichsbeispiele 1 und 3 in Fig. 9 ist.

Hieraus kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß es zu bevorzugen ist, das Katalysatorbett vom oberen Ende zu der Position zu kühlen, wo die verhältnismäßige Länge etwa $1/2$ für einen CO-Entferner ist, der eine Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ und ein Katalysatorbett der in den praktischen Beispielen 1, 2 und 4 gewählten Form aufweist.

Andererseits zeigt Fig. 10 den Vergleich zwischen dem praktischen Beispiel 3 und dem Vergleichsbeispiel 4, die beide eine Kühleinheit vom luftkühlenden Typ aufweisen. Der Vergleich ist ähnlich dem Vergleich in Fig. 9. Genauer ausgedrückt, liegen die Temperaturen aller Meßpunkte des praktischen Beispiels 3 im Bereich von 140 bis 180°C und sind relativ einheitlich, und die CO-Konzentration ist so niedrig wie unter 10 ppm.

Bei dem Vergleichsbeispiel 4 liegen, während die Temperaturen der Meßpunkte in dem stromaufwärts liegenden Teil sich im Bereich von 140 bis 180°C befinden, die Temperaturen unter 140°C in dem stromabwärts liegenden Teil, und insbesondere die Temperatur des am dichtesten zu dem Bodenende vorgesehenen Meßpunktes ist so niedrig wie unter 100°C.

Es soll festgestellt werden, daß das praktische Beispiel 3 eine zu bevorzugende Temperaturverteilung trotz einer Kühleinheit vom luftkühlenden Typ zeigt, die weniger Kühlleistung als die Kühleinheit vom wasserkühlenden Typ hat. Es wird angenommen, daß die Form des Katalysatorbetts und die Größe des Oberflächeninhalts des Gasdurchflußrohrs zu der Temperaturverteilung beitragen. Das Katalysatorbett ist lang in der Richtung des Gasflusses und der Oberflächeninhalt des Gasdurchflußrohrs in relativ groß.

Außerdem zeigt Fig. 10, daß die Temperaturen stromabwärts in dem praktischen Beispiel 3 eine treppenförmige Verteilung haben. Dies liegt darin begründet, daß in dem praktischen Beispiel 3 Gasmischeinheiten an drei Positionen angeordnet sind und die Temperatur an dem Meßpunkt direkt stromabwärts jeder der Gasmischeinheiten kaum abnimmt.

Dies beweist, daß es wirksam für einen CO-Entferner wie im praktischen Beispiel 3 ist, der ein in der Richtung des Gasflusses langes Katalysatorbett aufweist, eine Gasmischeinheit an einer Vielzahl von Positionen zu haben, um eine einheitliche Temperaturverteilung zu erhalten.

[Zusätzliche Anmerkungen]

Wie beschrieben wurde, ist es allgemein zu bevorzugen, daß der stromaufwärts liegende Teil des selektiven oxidativen Katalysatorbetts zwangsweise von außen mit Wasser und Luft wie in dem Fall der praktischen Beispiele 1 und 2 gekühlt wird. Es soll jedoch festgestellt werden, daß es nicht erforderlich ist, eine Kühlung des stromaufwärts liegenden Teils zu erzwingen, wenn das zu dem stromaufwärts liegenden zu leitende Gas so gesteuert wird, daß das Gas eine relativ niedrige Temperatur hat. Genauer ausgedrückt, selbst wenn das stromaufwärts liegende nicht zwangsweise gekühlt wird, kühlt das durch den Umfangteil fließende Gas selbst und hat eine niedrigere Temperatur als das durch den Mittelteil fließende Gas. Als ein Ergebnis wird eine hohe CO-Selektivität durch Mischen des durch den Umfangteil fließenden Gases mit dem durch den Mittelteil fließenden Gas durch die Gasmischeinheit 50 erhalten.

DE 100 07 565 A 1

Während Erklärungen von CO-Entfernern in der ersten und zweiten Ausführungsform angeführt wurden, ist die vorliegende Erfindung nicht auf CO-Entferner beschränkt. Die vorliegende Erfindung kann angepaßt werden und die gleichen Auswirkungen können durch eine Reaktionseinrichtung erhalten werden, die Gas einer katalytischen Reaktionseinrichtung zuführt und das Gas die Reaktion mit exothermer Reaktion durchmachen läßt, indem das Gas durch die katalytische Reaktionseinrichtung geleitet wird.

Obwohl die vorliegende Erfindung vollständig unter Aufführung von Beispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben worden ist, soll festgestellt werden, daß zahlreiche Änderungen und Abwandlungen für die Fachleute offensichtlich sein werden. Deshalb sollten, wenn solche Änderungen und Abwandlungen nicht von dem Umfang der vorliegenden Erfindung abweichen, diese als in denselben enthalten ausgelegt werden.

Tabelle 1

	L/D	Kühleinheittyp	O ₂ /CO-Verhält.	Mischeinheit	CO-Konzentration
Praktisches Beispiel 1	7	Wasserkühlung (L3/L1=0,6)	1,7	eine Position	6 ppm
Praktisches Beispiel 2	7	Wasserkühlung (L3/L1=0,6)	1,7	zwei Positionen	3 ppm
Praktisches Beispiel 3	56	Luftkühlung (gesamte Fläche)	1,7	drei Positionen	6 ppm
Praktisches Beispiel 4	7	Wasserkühlung (L3/L1=0,6)	1,7	zwei Positionen	35 ppm
Vergleichsbeispiel 1	7	Luftkühlung (gesamte Fläche)	1,0	keine	4000 ppm
Vergleichsbeispiel 2	7	Luftkühlung (gesamte Fläche)	1,7	keine	
Vergleichsbeispiel 3	7	Wasserkühlung (L3/L1=0,6)	1,7	keine	6500 ppm
Vergleichsbeispiel 4	56	Luftkühlung (gesamte Fläche)	1,3	keine	

Patentansprüche

1. CO-Entferner, mit:
 einem Luftmischer zum Mischen von Luft mit sauerstoffreichem, CO enthaltendem Gas zur Erzeugung eines ge-

- mischten Gases; und
 einer selektive oxidative Katalyseeinrichtung zum selektiven Oxidieren des CO, indem das gemischte Gas durch ein
 selektives oxidatives Katalysatorbett hindurch geleitet wird,
 wobei die selektive oxidative Katalyseeinrichtung umfaßt:
 ein Gasdurchflußrohr, das das selektive oxidative Katalysatorbett aufweist, und
 eine Gasmischeinheit zum Mischen eines Teils des gemischten Gases, der durch das selektive oxidative Katalysa-
 torbett weiter von einer Innenfläche des Gasdurchflußrohrs entfernt fließt, und des restlichen Teils des gemischten
 Gases, der durch das selektive oxidative Katalysatorbett näher der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs fließt, an ei-
 nem Punkt innerhalb des selektiven oxidativen Katalysatorbetts.
 2. CO-Entferner nach Anspruch 1, der weiter eine Kühleinheit zum Kühlen des selektiven oxidativen Katalysator-
 betts von außerhalb stromaufwärts von der Gasmischeinheit umfaßt.
 3. CO-Entferner nach Anspruch 2, bei dem die Kühleinheit einen Kanal angrenzend an eine Außenfläche des Gas-
 durchflußrohrs umfaßt, durch den Kühlmedium fließt.
 4. CO-Entferner nach Anspruch 2, bei dem die Kühleinheit eine Wärmesenke angrenzend an die Außenfläche des
 Gasdurchflußrohrs umfaßt.
 5. CO-Entferner nach Anspruch 1, bei dem die Gasmischeinheit aus einem so angeordneten Element gebildet ist,
 daß das Gasdurchflußrohr teilweise versperrt ist.
 6. CO-Entferner nach Anspruch 5, bei dem das Element von der Innenfläche des Gasdurchflußrohrs nach innen
 vorsteht.
 7. CO-Entferner nach Anspruch 5, bei dem das Element kreisförmig um die Innenfläche des Gasdurchflußrohrs an-
 geordnet ist.
 8. CO-Entferner nach Anspruch 7, bei dem 25 bis 90% einer inneren Schnittfläche des Gasdurchflußrohrs durch das
 Element versperrt sind.
 9. CO-Entferner nach Anspruch 7, bei dem das Element ein Beilegscheiben-Ringelement darstellt.
 10. CO-Entferner nach Anspruch 1, bei dem ein Innendurchmesser des Gasdurchflußrohrs stromabwärts der Gas-
 mischeinheit kleiner als ein Innendurchmesser des Gasdurchflußrohrs stromaufwärts der Gasmischeinheit ist.
 11. CO-Entferner nach Anspruch 10, bei dem eine innere Schnittfläche des Gasdurchflußrohrs stromabwärts der
 Gasmischeinheit 25 bis 90% einer inneren Schnittfläche des Gasdurchflußrohrs stromaufwärts der Gasmischeinheit
 beträgt.
 12. CO-Entferner nach Anspruch 1, bei dem eine Länge zwischen einem Anfang des selektiven oxidativen Kataly-
 satorbetts in einer Flußrichtung des gemischten Gases und der Gasmischeinheit nicht kürzer als 1/3 einer Länge
 zwischen dem Anfang des selektiven oxidativen Katalysatorbetts und einem Ende des selektiven oxidativen Kataly-
 satorbetts in der Flußrichtung des gemischten Gases ist.
 13. Reaktionsvorrichtung, die eine katalytische Reaktionseinrichtung umfaßt, in der Gas mit exothermer Reaktion
 durch Fließen durch ein Katalysatorbett reagiert, wobei die katalytische Reaktionseinrichtung umfaßt:
 ein Gasdurchflußrohr, das das Katalysatorbett umfaßt; und
 eine Gasmischeinheit zum Mischen eines Teils des weiter von einer Innenfläche des Gasdurchflußrohrs entfernt
 durch das Katalysatorbett fließenden Gases und des restlichen Teils des näher zu der Innenfläche des Gasdurchfluß-
 rohrs durch das Katalysatorbett fließenden Gases an einer Stelle innerhalb des Katalysatorbetts.
 14. Reaktionsvorrichtung nach Anspruch 13, bei der die katalytische Reaktionseinrichtung ferner eine Kühleinheit
 zum Kühlen des Katalysatorbetts von außen stromaufwärts der Gasmischeinheit umfaßt.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

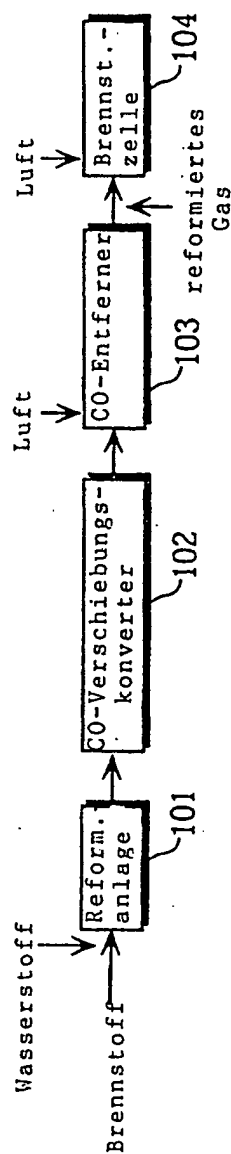


Fig. 2

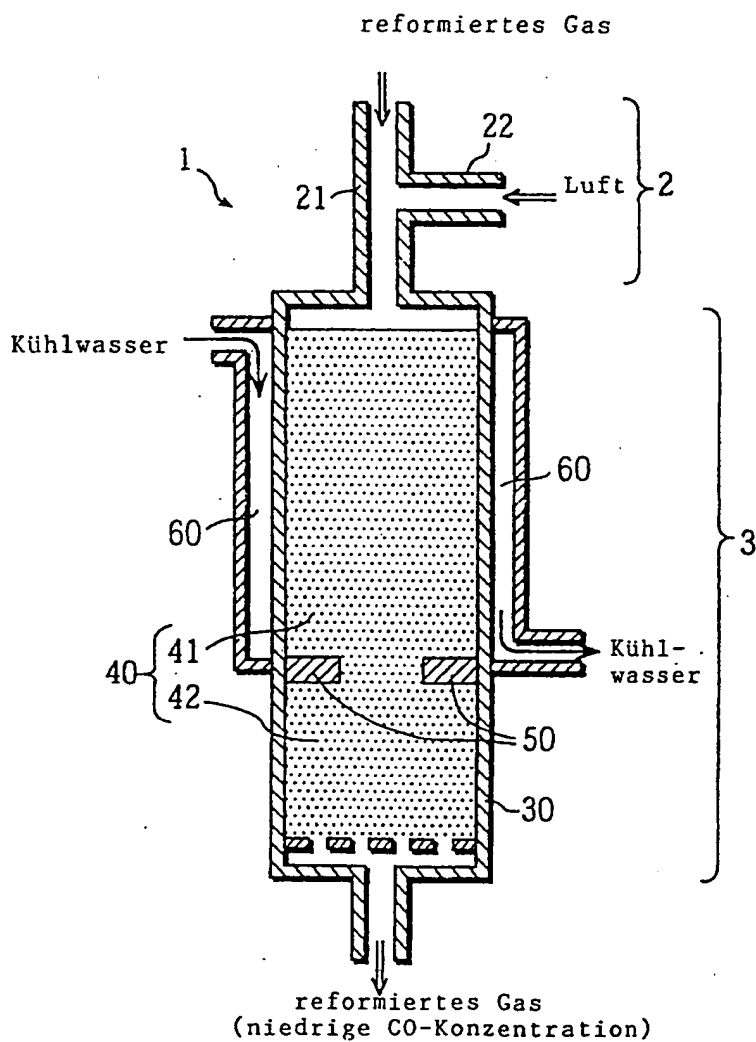


Fig. 3

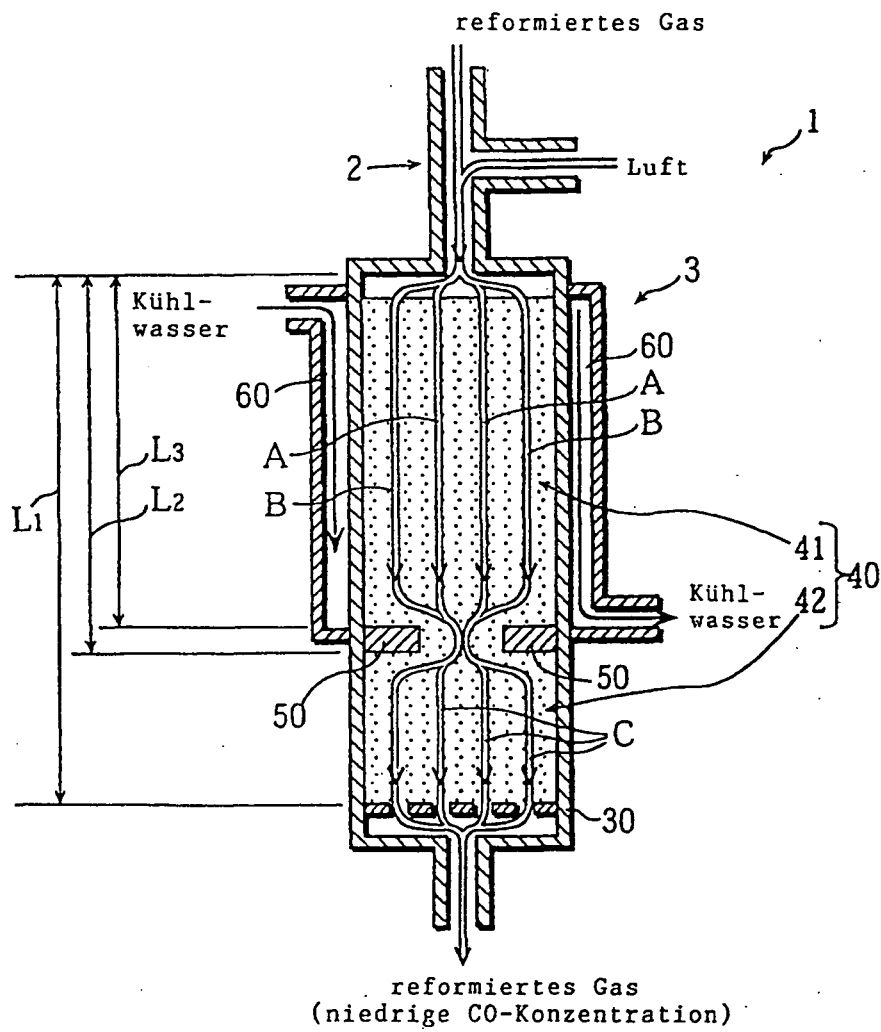


Fig. 4

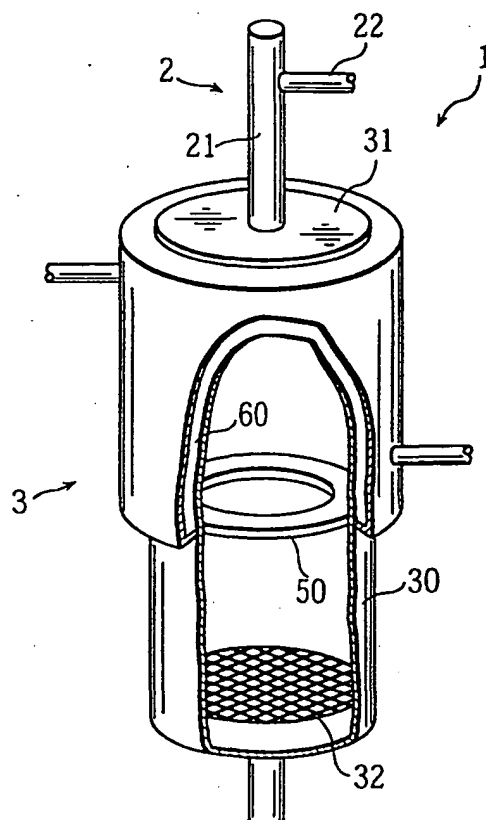


Fig. 5A

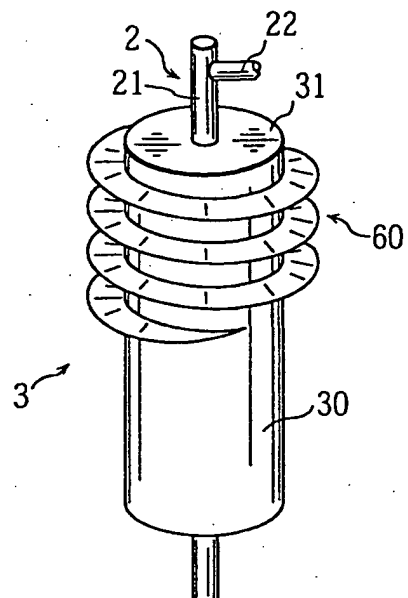


Fig. 5B

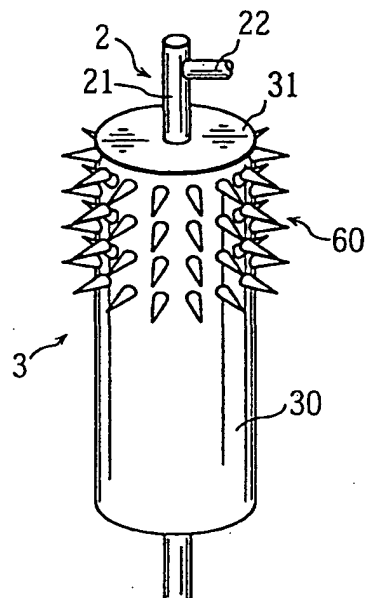


Fig. 5C

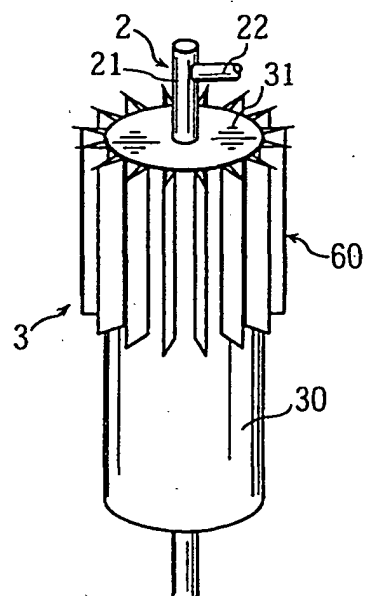


FIG. 6A

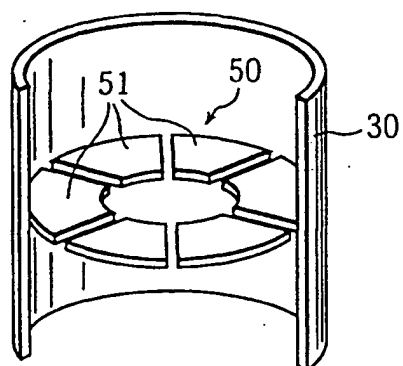


FIG. 6B

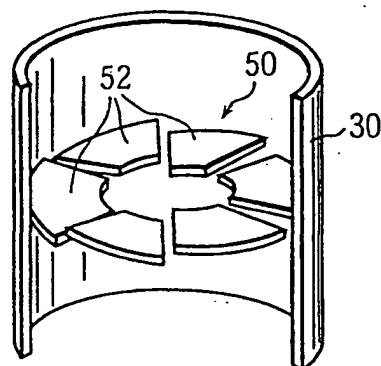


FIG. 6C

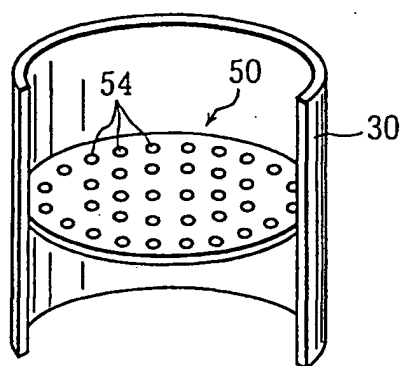
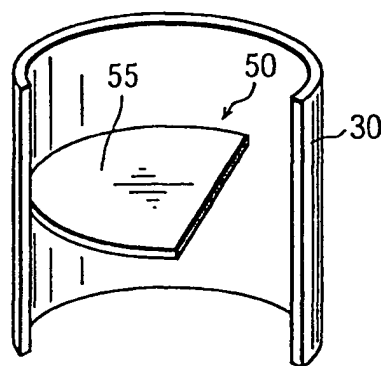


FIG. 6D



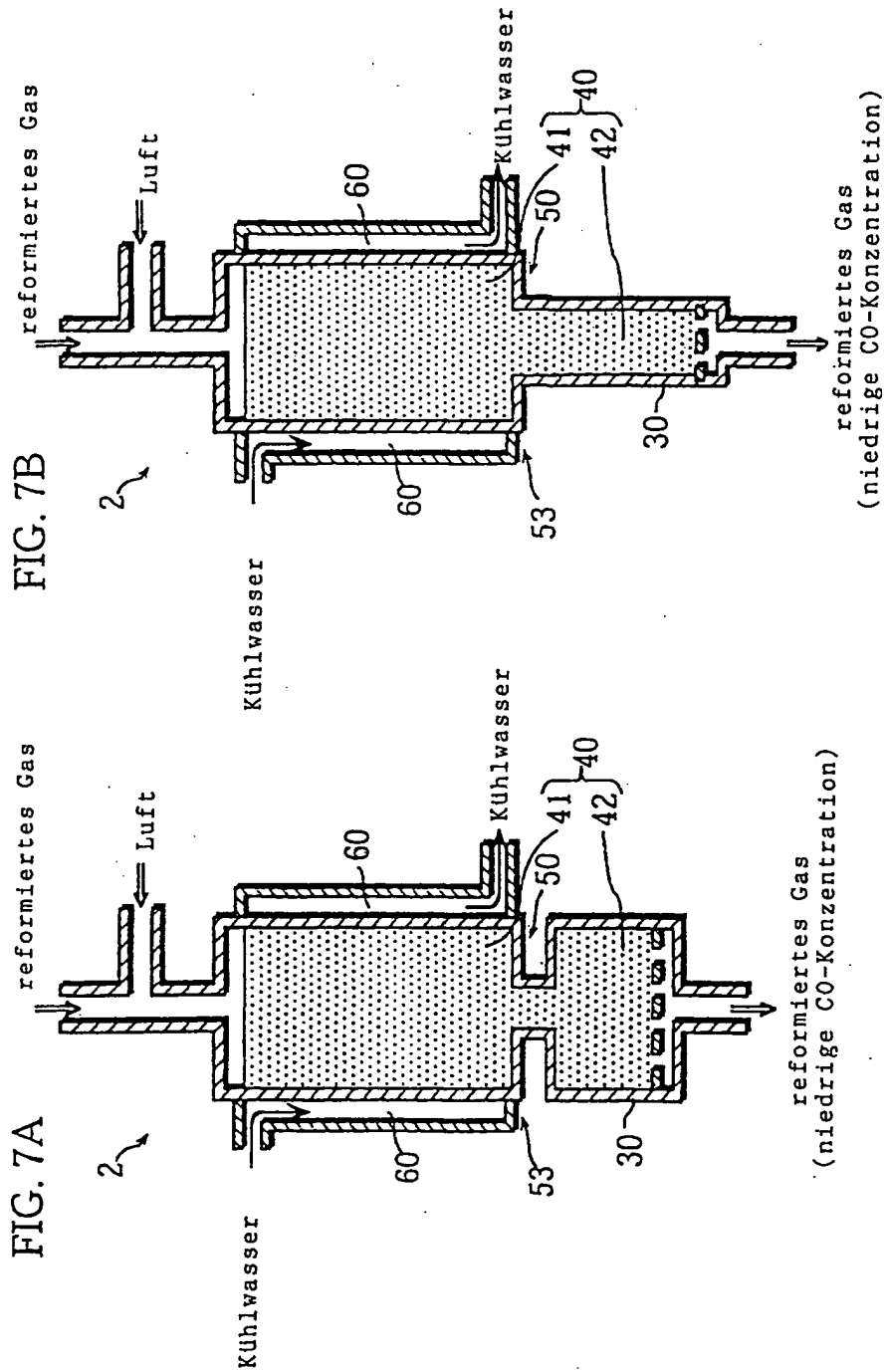


Fig. 8

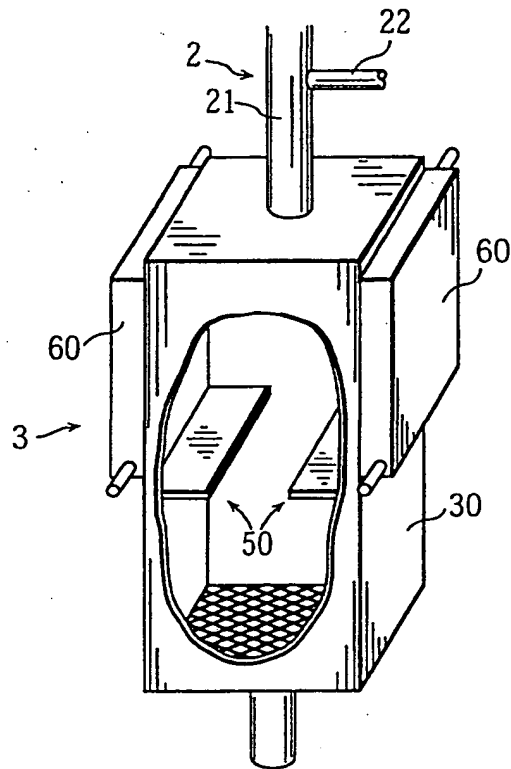
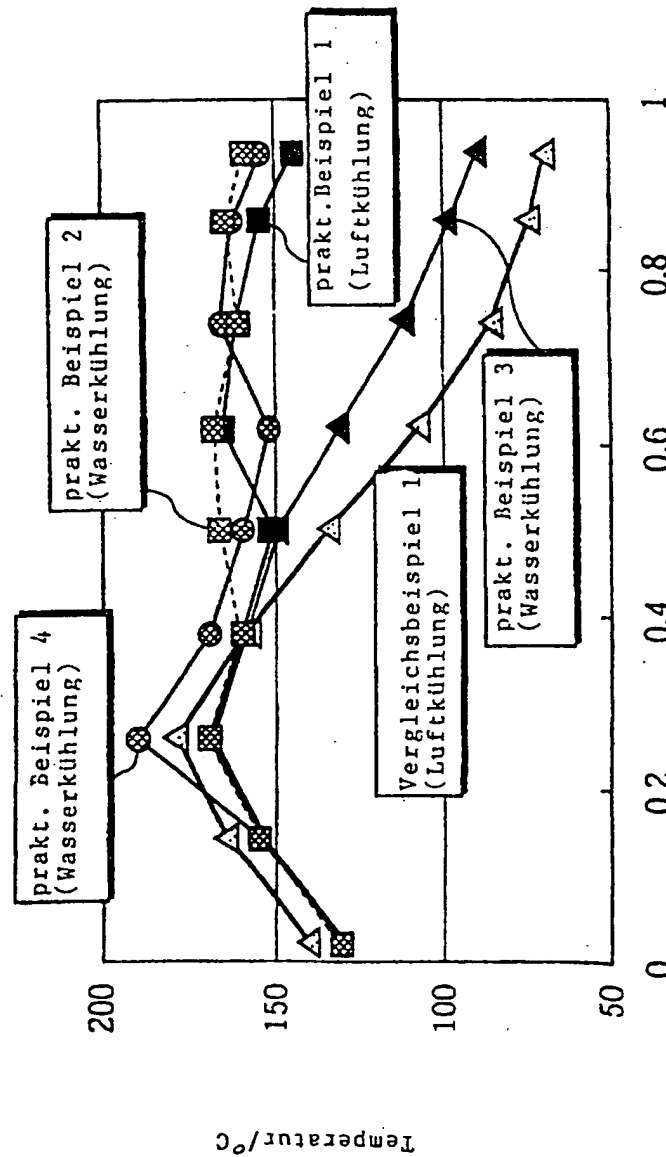
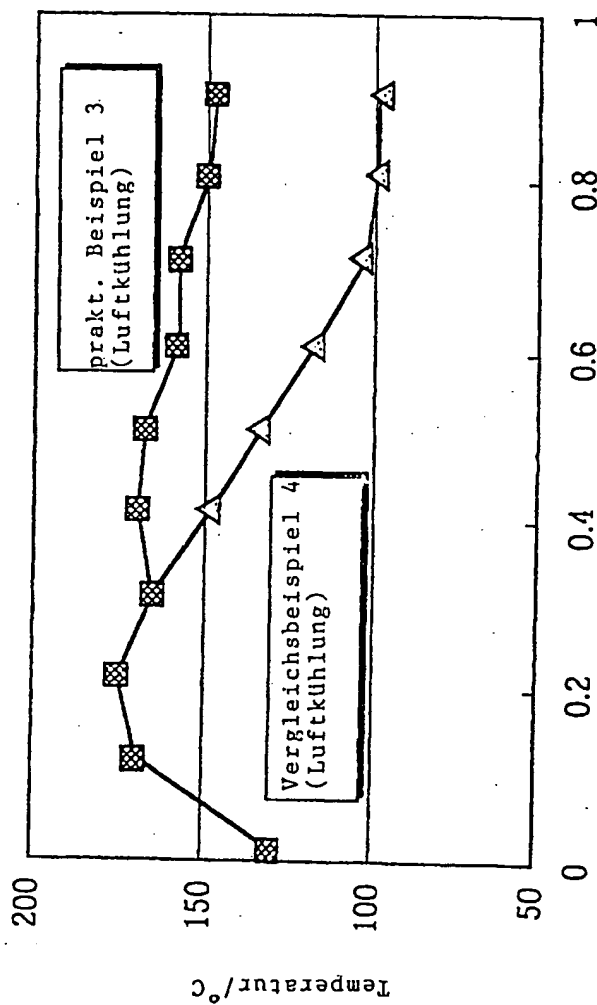


Fig. 9



verhältnismäßige Länge
Temperaturverteilung in Richtung von Gasfluß

Fig. 10



verhältnismäßige Länge
Temperaturverteilung in Richtung von Gasfluß